

TITLE OF THE INVENTION

レーザ装置における光学部品駆動装置

BACKGROUND OF THE INVENTION

Field of the Invention

本発明はレーザ装置における光学部品の姿勢角を変化させる駆動装置に関するものである。

Description of the Related Art

エキシマレーザやフッ素分子F₂レーザなどをステッパの光源として用いる場合には、発振レーザ光を狭帯域化する必要がある。さらにこの狭帯域化された発振レーザ光のスペクトルの中心波長が露光中に目標値からずれないように高精度に安定化制御する必要がある。

図4(a)は従来のレーザ装置に搭載される狭帯域化ユニット9の周囲の構造を示している。図4(a)で一点鎖線はレーザ光軸Lを示す。図4(b)は図4(a)のIV-IV断面を示している。

狭帯域化は狭帯域化ユニット9内に設けられた反射型波長選択素子つまりグレーティング2に対してある所定の入射角(反射角) ϕ にてレーザ光を入反射させることによって行われる。反射型波長選択素子2はレーザ光Lを反射することによって波長を選択する光学部品である。反射型波長選択素子2は光入射角(光反射角) ϕ に応じた波長を選択する。光入射角 ϕ は、入射したレーザ光Lを全反射して反射型波長選択素子2にレーザ光Lを入射する反射鏡(全反射ミラー)3の姿勢角度 θ に応じて定まる。反射鏡3の姿勢角度 θ は送りねじユニット16の送りねじ(おねじ)16aが矢印B方向に直動することによって変化する。制御モータ8が矢印C方向に回転することによって送りねじ16aが直動する。

露光中は発振レーザスペクトルの中心波長の変動が極微小となるように制御モータ8が駆動制御される。すなわち制御モータ8の駆動軸8aが矢印C方向

に正転または反転することにより送りねじ 16 a が同方向 C に回転し、これに応じて送りねじ 16 a が矢印 B 方向に往復運動し送りねじ 16 a の送り位置が位置決めされる。これによって反射鏡 3 の姿勢角 θ が定まり、これに応じて反射型波長選択素子 2 に対する光入射角 ϕ が定まり、これに応じてレーザ光 L のスペクトルの中心波長が目標波長に固定される。

ここで送りねじユニット 16 にはいわゆる高精度ねじが使用されている。高精度ねじは送りねじ（おねじ）16 a とナット（めねじ）16 b との間のねじ隙間が極小となるように加工したものである。具体的には送りねじ 16 a とナット 16 b の一对を現物合せて管理している。また送りねじ 16 a とナット 16 b の間の接触摩擦を低減するために、潤滑材（グリース）を送りねじ 16 a とナット 16 b とが接触する部分 D に多量に塗布している。

しかし送りねじユニット 16 のねじ隙間を現物合わせで極小にすることはできても、ねじ隙間を極小にすることは構造上不可能であり、必ず極小なねじ隙間が生じる。つまり送りねじユニット 16 のバックラッシュをゼロにすることはできない。このため制御モータ 8 を矢印 B 方向に正転反転し、送りねじ 16 a が矢印 B 方向に往復運動すると、反射鏡 3 の位置決めの精度が悪化する。反射鏡 3 の位置決めの精度が悪化すると、レーザ光 L を目標波長にする制御の精度が悪化し、波長安定性が悪化することになる。つまり波長制御の精度が低下し波長安定性が低下するという問題が発生する。

また従来の送りねじユニット 16 はねじ隙間を極小としているため送りねじユニット 16 が駆動する際の摩擦抵抗が大きい。このため送りねじユニット 16 を駆動するのに必要な制御モータ 8 の回転トルクが大きくなる。したがって制御モータ 8 への駆動指令に対する送りねじ 16 a の直線運動の応答性は良くなく、レーザ光 L の波長を目標波長へ変更するまでの所要時間が長くなる。つまり波長制御の速度が低下するという問題が発生する。

送りねじユニット 16 が駆動する際の摩擦抵抗を低減するためには、接触部 D に多量の潤滑材を塗布する必要がある。しかし接触部 D は狭帯域化ユニット

9の内部と連通している。狭帯域化ユニット9の内部は深紫外の波長領域のエキシマレーザ光Lが散乱している。このため深紫外光が潤滑材に照射され潤滑剤の化学的な分解反応が進行するおそれがある。潤滑剤の化学的な分解反応が進行するとそれによって発生した不純物が狭帯域化ユニット9の内部の光学部品を汚染しレーザ装置としての性能が劣化するおそれがある。つまり光学部品の汚染によりレーザ装置の性能が低下するという問題が発生する。

OBJECTS AND SUMMARY THE INVENTION

本発明はこうした実状に鑑みてなされたものであり、レーザ装置において波長制御の精度、波長安定性を向上させるとともに、波長制御速度を高め、さらに光学部品の汚染を防止できるようにすることを解決課題とするものである。

そこで、本発明は、上記解決課題を達成するために、

姿勢角(θ)に応じてレーザ光(L)の波長を変更させる光学部品(3)と、回転アクチュエータ(8)の回転運動を送りねじ(6a)の直線運動に変換する送りねじ機構(6)とを備え、前記送りねじ機構(6)の送りねじ(6a)が直動するに応じて前記光学部品(3)の姿勢角(θ)を変化させるようにしたレーザ装置における光学部品駆動装置において、

前記送りねじ機構(6)の送りねじ(6a)を、ボールねじ(6a)としたこと

を特徴とする。

本発明を図1(a)、図1(b)を参照して説明する。

ボールねじユニット6はボールねじ6aとナット6bとの間に予圧(プリロード)をかけて使用しボールが滑ることでボールねじ6aが直動する送りねじ機構である。このため機械的なねじ隙間を極少なくすることが構造上可能である。このためボールねじユニット6のバックラッシュをゼロに、つまりノンバックラッシュにすることができる。ねじ隙間がゼロであるので、制御モータ8が矢印C方向に正転反転し送りねじ16aが矢印B方向に往復運動したときの反射

鏡 3 の位置決めの精度が向上する。反射鏡 3 の位置決めの精度が向上するため、レーザ光 L を目標波長にする制御の精度が向上し、波長安定性が向上する。

またボールが滑ることによってボールねじ 6 a が直動するためボールねじユニット 6 が駆動する際の摩擦抵抗は小さい。このためボールねじユニット 6 を駆動するのに必要な制御モータ 8 の回転トルクは小さくて済む。したがって制御モータ 8 への駆動指令に対するボールねじ 6 a の直線運動の応答性が向上し、レーザ光 L の波長を目標波長へ変更するまでの所要時間を短くすることができる。

更に波長制御の精度が向上し目標波長へ変更するまでの所要時間を短くできるので、波長制御の速度を高めることができる。

ボールねじユニット 6 の摩擦抵抗が小さいので、接触部 D に塗布する潤滑材の量を必要最小限の微量に抑えることができる。このため深紫外光が潤滑材に照射されたとしてもそれによって発生する不純物は微量であり、狭帯域化ユニット 9 の内部の光学部品の汚染を最小に抑えることができ、レーザ装置としての性能の劣化を防止できる。

BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

図 1 (a) は実施形態の光学部品駆動装置を示す図であり、図 1 (b) は図 1 (a) の I-I 断面図である。

図 2 は実施形態装置の効果を説明するグラフあり、横軸をレーザ光の波長領域で示し縦軸をレーザ光の波長制御の誤差幅で示したグラフである。

図 3 は実施形態装置の効果を説明するグラフであり、横軸をレーザ光の波長変更量で示し、縦軸を変更に要する時間で示したグラフである。

図 4 (a) は従来の光学部品駆動装置を示す図であり、図 4 (b) は図 4 (a) の IV-IV 断面図である。

DETAILED DESCRIPTION OF THE PREFERRED EMBODIMENTS

以下図面を参照して本発明に係るレーザ装置における光学部品駆動装置の実

施の形態について説明する。なお実施形態ではレーザ装置をステッパの光源として用いる場合を想定する。

図1(a)は実施形態の光学部品駆動装置を示している。図1(a)はレーザ装置に搭載される狭帯域化ユニット9の周囲の構造を示している。図1(a)で一点鎖線はレーザ光軸Lを示す。図1(b)は図1(a)のI-I断面を示している。

まずレーザ装置における狭帯域化ユニット9の機能について説明する。

すなわち図示しないレーザチャンバで放電励起されることによって発振されたレーザ光Lは、図示しないフロントミラーと狭帯域化ユニット9とで構成する共振器内を往復移動することによって増幅されフロントミラーから所定パワーのレーザ光Lとして射出される。この実施形態ではフロントミラーと反射型波長選択素子2との間でレーザ光Lが往復する。

狭帯域化ユニット9内には、たとえば2つのプリズム1a、1bと、反射鏡(全反射ミラー)3と、反射型波長選択素子(グレーティング)2という光学部品が配置されている。なおプリズムの数は任意である。プリズム1a、1b、反射型波長選択素子2は狭帯域化ユニット9の底板に固定されている。反射鏡3は反射鏡保持部材(ミラーホルダ)4によって保持されている。反射鏡保持部材4は支持部材5によって回動自在に支持されている。すなわち反射鏡保持部材4は支持部材5による支持位置を回動支点として回動するため、その回動に応じて反射鏡3の姿勢角 θ が変化する。反射鏡保持部材4を回動させ反射鏡3の姿勢角 θ を変化させる駆動機構については後述する。

レーザチャンバで発振されたレーザ光Lは狭帯域化ユニット9内に入射され、ビームエキスパンダとして機能するプリズム1a、1bを透過することによってそのビーム幅が拡大される。さらに拡大されたレーザ光Lは反射鏡3に入射され全反射されて反射型波長選択素子2に入射される。反射型波長選択素子2に入射されたレーザ光Lは回折されることにより、所定の波長成分のレーザ光Lのみが入射光と同じ方向に折り返される。反射型波長選択素子2で折り返さ

れたレーザ光Lは、プリズム1b、1aによってビーム幅が縮小された後、レーザチャンバに入射される。レーザチャンバを通過して増幅されたレーザ光Lは、フロントミラーを介してその一部が出力光として取り出されるとともに、残りが再度レーザチャンバに戻って増幅される。

レーザ装置をステッパの光源として用いる場合、発振レーザ光を狭帯域化する必要がある。さらにこの狭帯域化された発振レーザ光のスペクトルの中心波長が露光中に目標値からずれないように高精度に安定化制御する必要がある。

狭帯域化は反射型波長選択素子2によって行われる。前述したように反射型波長選択素子2はレーザ光Lを入射することによって波長を選択する。反射型波長選択素子2は光入射角（光反射角） ϕ に応じた波長を選択する。光入射角 ϕ は、反射型波長選択素子2にレーザ光Lを入射させる反射鏡3の姿勢角度 θ に応じて定まる。

つぎに反射鏡3の姿勢角度 θ を変化させる駆動機構の構成について説明する。

反射鏡保持部材4の姿勢角 θ は、送りねじ機構であるボールねじユニット6を駆動することによって変化する。ボールねじユニット6はボールねじ6aとナット6bとからなる。ボールねじユニット6は、ボールが滑ることでボールねじ6aがナット6bに対して相対的に直動する送りねじ機構である。ボールねじ6aの一端は反射鏡保持部材4に当接している。また反射保持部材4がボールねじ6aに当接する方向に、板ばね10によるばね力が反射保持部材4に付与されている。

ボールねじ6aの他端はカップリング7を介して制御モータ8の駆動軸8aに接続している。ナット6bはボールねじ6aに螺合しており、狭帯域化ユニット9の壁面に固定されている。

制御モータ8はステッピングモータ、サーボモータなどが使用され、LMガイドなどのガイド機構11に矢印B方向に往復移動自在に支持されている。ガイド機構11は狭帯域化ユニット9の外側に固定されている。

つぎに上述した光学部品駆動装置の動作について説明する。

露光中は発振レーザスペクトルの中心波長の変動が極微小となるように制御モータ 8 が駆動制御される。なお制御はフィードバック制御であってもオープン制御であってもよい。フィードバック制御の場合には、発振レーザ光の波長が検出され、図示しないコントローラにフィードバックされる。

コントローラは制御モータ 8 に対して駆動指令信号を出力する。この駆動指令信号に応じて駆動軸 8 a が矢印 C 方向に正転または反転する。

制御モータ 8 の駆動軸 8 a が矢印 C 方向に回転すると、ボールねじ 6 a が同方向 C に回転する。このためボールねじ 6 a はナット 6 b に対して相対的に矢印 B 方向に直動する。つまりボールねじ 6 a は狭帯域化ユニット 9 に対して相対的に直動する。ボールねじ 6 a はカップリング 7 を介して制御モータ 8 とともに矢印 B 方向に直動する。制御モータ 8 はガイド機構 11 のガイドに案内されて矢印 B 方向に移動する。

以上のようにしてボールねじ 6 a が狭帯域化ユニット 9 に対して相対的に直動すると、ボールねじ 6 a に当接している反射鏡保持部材 4 が、支持部材 5 を回動支点にして回動する。この結果反射鏡 3 の姿勢角 θ が変化する。こうして反射鏡 3 はボールねじ 6 a の直動位置に応じた姿勢に位置決めされる。

反射鏡 3 の姿勢角 θ が定まると、反射型波長選択素子 2 に対する光入射角 ϕ が定まり、これに応じてレーザ光 L のスペクトルの中心波長が目標波長に固定される。

つぎに本実施形態による効果について図 2、図 3 を併せ参照して説明する。

本実施形態では送りねじ機構としてボールねじユニット 6 が使用されている。

ボールねじユニット 6 はボールねじ 6 a とナット 6 b との間に予圧（プリロード）をかけて使用しボールが滑ることでボールねじ 6 a が直動する送りねじ機構である。このため機械的なねじ隙間を極少なくすることが構造上可能である。このためボールねじユニット 6 のバックラッシュをゼロに、つまりノンバックラッシュにすることができる。ねじ隙間がゼロであるので制御モータ 8 が矢印 B 方向に正転反転し送りねじ 6 a が矢印 B 方向に往復運動したときの反射鏡

3の位置決め精度が向上する。反射鏡3の位置決め精度が向上するため、レーザ光Lを目標波長にする制御の精度が向上し、波長安定性が向上する。

図2は図1(a)に示す実施形態装置と図4(a)の従来装置との効果の違いを比較して示したグラフである。横軸はレーザ光Lの波長領域(単位 μm)であり反射鏡3の姿勢角 θ に対応している。縦軸は反射鏡3の位置決め精度つまりレーザ光Lの目標波長に対する誤差幅(単位 μm)である。具体的には各波長領域で $\pm 2 \mu\text{m}$ 分だけ反射鏡3の姿勢角 θ を変化させたときの誤差幅を示している。ボールねじユニット6を使用した実施形態装置の特性を6Cで示し、高精度ねじ16を使用した従来装置の特性を16Cで示す。

特性6Cと特性16Cを比較して明らかなように、実施形態装置の誤差幅は、全波長領域において従来装置の誤差幅より減少しており、従来装置より波長制御精度、波長安定性が向上しているのがわかる。

また本実施形態装置によればボールが滑ることでボールねじ6aが直動するためボールねじユニット6が駆動する際の摩擦抵抗は小さい。このためボールねじユニット6を駆動するのに必要な制御モータ8の回転トルクは小さく済む。したがって制御モータ8への駆動指令に対するボールねじ6aの直線運動の応答性が向上し、レーザ光Lの波長を目標波長へ変更するまでの所要時間を短くすることができる。

更に波長制御の精度が向上し目標波長へ変更するまでの所要時間を短くできるので、波長制御の速度を高めることができる。

図3は図1(a)に示す実施形態装置と図4(a)の従来装置との効果の違いを比較して示したグラフである。横軸はレーザ光Lの波長変更量(単位 μm)であり反射鏡3の姿勢角 θ の変化量に対応している。縦軸はレーザ光Lの波長を目標波長へ変更するまでの所要時間(単位sec)である。ボールねじユニット6を使用した実施形態装置の特性を6Dで示し、高精度ねじ16を使用した従来装置の特性を16Dで示す。

特性6Dと特性16Dを比較して明らかなように、実施形態装置の所要時間

は、従来装置の所要時間より短縮されており、従来装置より波長制御速度が高められているのがわかる。

また本実施形態装置によればボールねじユニット 6 の摩擦抵抗が小さいので、接触部 D に塗布する潤滑材の量を必要最小限の微量に抑えることができる。このため深紫外光が潤滑材に照射されたとしてもそれによって発生する不純物は微量であり、狭帯域化ユニット 9 の内部の光学部品の汚染を最小に抑えることができ、レーザ装置としての性能の劣化を防止できる。

以上のように本実施形態によればレーザ装置において波長制御の精度、波長安定性が向上するとともに、波長制御速度が高められ、さらに光学部品の汚染を防止することができる。

なお本実施形態では光学部品として反射鏡 3 の姿勢角 θ を変化させることによって反射型波長選択素子 3 への光入射角 ϕ を変化させそれによって発振レーザ光 L の波長を変化させている。しかし光学部品として他の光学部品の姿勢角を変化させることによって同様にレーザ光 L の波長を変化させてもよい。

たとえばプリズム 1 a、1 b の姿勢角を変化させることによってレーザ光 L の波長を変化させてもよく、反射型波長選択素子 2 の姿勢角を変化させることによってレーザ光の波長を変化させてもよい。この場合も光学部品を駆動させる駆動機構として実施形態と同様にボールねじユニット 6 を使用すれば、波長制御精度、波長制御速度が向上するなど実施形態と同様の効果が得られる。

CLAIMS

1. 姿勢角に応じてレーザ光の波長を変更させる光学部品と、回転アクチュエータの回転運動を送りねじの直線運動に変換する送りねじ機構とを備え、前記送りねじ機構の送りねじが直動するに応じて前記光学部品の姿勢角を変化させるようにしたレーザ装置における光学部品駆動装置において、

前記送りねじ機構の送りねじを、ボールねじとしたことを特徴とするレーザ装置における光学部品駆動装置。

2. 前記光学部品は、姿勢角に応じて反射型波長選択素子に対する入射角度が変化する光学部品であることを特徴とする請求範囲 1 記載のレーザ装置における光学部品駆動装置。

ABSTRACT OF THE DISCLOSURE

レーザ装置において波長制御の精度、波長安定性を向上させるとともに、波長制御速度を高め、さらに光学部品の汚染を防止できるようにする。光学部品の姿勢角を変化させる送りねじ機構の送りねじを、ボールねじとする。